

株式売買システム “arrowhead”を取り巻く 市場環境の変化について



小林 賢一 百石 弘澄 (株) 東京証券取引所 IT 開発部

近年の証券市場は、主に IT 技術の発展による証券取引手法の多様化・高度化が進み、著しく環境が変化している状況にある。こうした中、東京証券取引所（以下「東証」）では、市場の変化に対応するため、株式売買システム “arrowhead”（以下「arrowhead」）を開発し、2010 年 1 月に稼働させている。arrowhead 開発の基本コンセプトは「市場参加者が求める高速性と高い信頼性の両立」であり、高速化は、注文応答時間や情報配信スピードを従来の秒単位からミリ秒（1/1,000 秒）単位へと向上し、信頼性の確保は、注文、約定、注文板などの取引情報を異なるサーバ上で三重化して処理することで実現している。本稿では、まず arrowhead がこのコンセプトを実現するために利用している技術基盤について説明し、その後 arrowhead 稼働から 2 年を経た現在までの株式市場の変化とそれに対する継続的な東証の取り組みについて紹介する。

arrowhead の開発

IT 技術の急速な高度化は、これを積極的に活用している証券市場を支える技術基盤の発展を伴って、証券取引における取引手法の多様化・高度化を大きく進展させるとともに、市場参加者のシステム基盤が常に変化し続ける大きな要因となっている。その結果、証券取引を行う場としての売買システムに対する市場参加者のニーズも大きく変化してきている。東証では、これらの市場ニーズの変化に対応することに加え、世界的な取引所間の再編が進む中において国際的な競争力を強化するため、2007 年に「高速性・信頼性・拡張性に優れた次世代売買システム」を基本コンセプトとして arrowhead の開発を決定し、2010 年 1 月にこれを稼働させている。

最初に、近年高速性と高い信頼性の両立が訴求されるようになってきている背景について触れておきたい。まず、市場参加者のニーズにおいて、特に大きく変化してきているのが高速性である。arrowhead 開発前の市場環境では、機関投資家による DMA（Direct Market Access. 証券会社の人を通さず、直接売買注文を発注すること）や個人投資家によるオンライ

ン取引などに象徴されるように、投資家・証券会社・取引所間がシームレス化している中で証券会社や機関投資家においては IT 技術を駆使した取り引きの普及が進みつつある状況であった。特に、アルゴリズムトレードなどの新しい取引手法が幅広く利用されるようになってきており、このような取引手法を利用する投資家は、取り引きの仕組みにおいて、売買執行の速度、注文応答時間および市場情報の配信スピードの高速化へのニーズが強く、その普及に伴って高速化を求める声が多く寄せられるようになっていた。これに合わせて、注文・約定件数や市場情報の配信データ量も大幅に増加する傾向を見せており、大量データを短時間で処理する処理能力向上も求められる要素の 1 つとなっていた。arrowhead 稼働後の最近では、IT 技術を駆使した取引手法の普及が一層進んでいることに加えて、HFT^{☆1}と呼ばれる、計量モデルを利用した高速に大量の取り引きを行う市場参加者も増加しており、より一層の処理能力の向上に対する市場ニーズが高まっている状況にある。

一方で、もう 1 つの重要な開発コンセプトである信頼性については、従来から証券市場の基本インフ

☆1 High Frequency Trading.



4. 株式売買システム“arrowhead”を取り巻く市場環境の変化について

ラである売買システムに市場参加者から求められる基本的かつ最も強いニーズのある要素であり、公共性の高い金融インフラとしては欠かせないものとなっている。

したがって、arrowheadの開発では、従来からの信頼性を保持しつつ、その上で高速性に優れたシステムを構築することが求められたものであり、これを実現するために新たな技術を採用したという背景がある。

高速性と信頼性を両立する技術基盤

■ 高速性／オンメモリDB

arrowheadでは注文処理にかかわるすべてのデータをメモリ上で扱い、ディスクアクセスによる遅延を回避している。証券会社から注文を受け付けた時点から、各銘柄に注文を登録し、約定処理を行い、市場情報を配信する、といった注文処理にかかわる一連のデータ処理をすべてメモリ上で管理することで、これらの処理時間についてミリ秒レベルに高速化することを実現している。注文処理にかかわるデータは、**図-1**のとおりメモリ上のデータベースであるメモリテーブルとメモリ上のキューとして、管理されている。その結果、注文を受け付けてから注文受付通知を送信するまでの注文受付応答時間は平均2ミリ秒^{☆2}となり、従来の注文応答時間2秒

☆2 1,000分の2秒。

程度に比べて1,000倍の高速化を実現した。また、市場情報の配信にかかる処理時間では2.0～2.5ミリ秒という高速性能も実現している。

■ 信頼性／三重化構造

高速性を追求すると同時に信頼性を確保するために、前節で述べたメモリ上のデータをすべて三重化している。**図-2**のとおり、物理的に独立している3台のサーバに、常にメモリ上のデータを同期しておく。この三重化構成が、突然のサーバダウンによりメモリに保持する最新データの消失を防いでいる。1台をActive状態としてデータ処理を行い、残り2台をStandby状態として冗長化しており、各サー

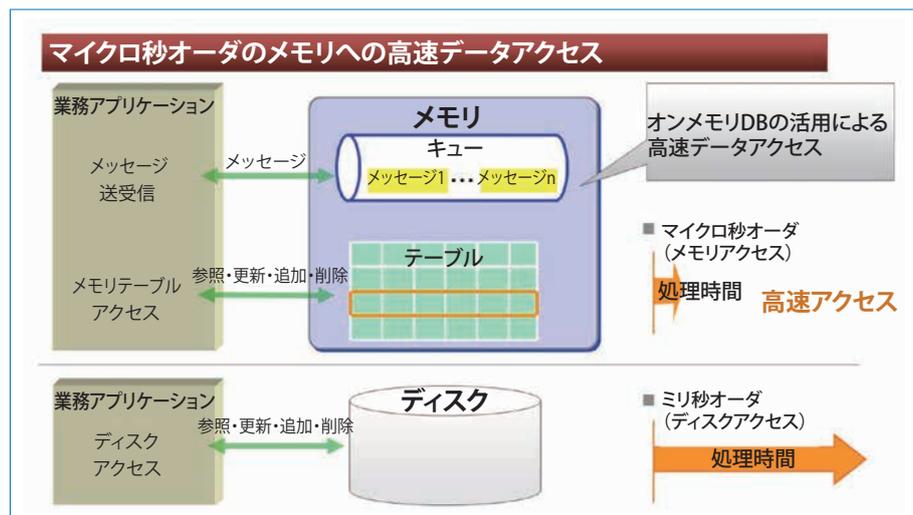


図-1 オンメモリDBのイメージ図

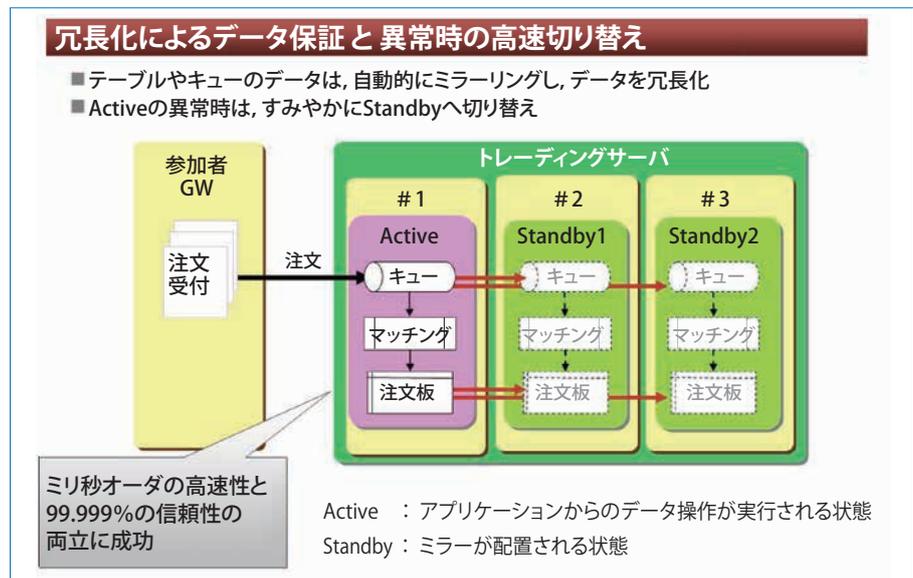


図-2 メモリテーブルの三重化構造図

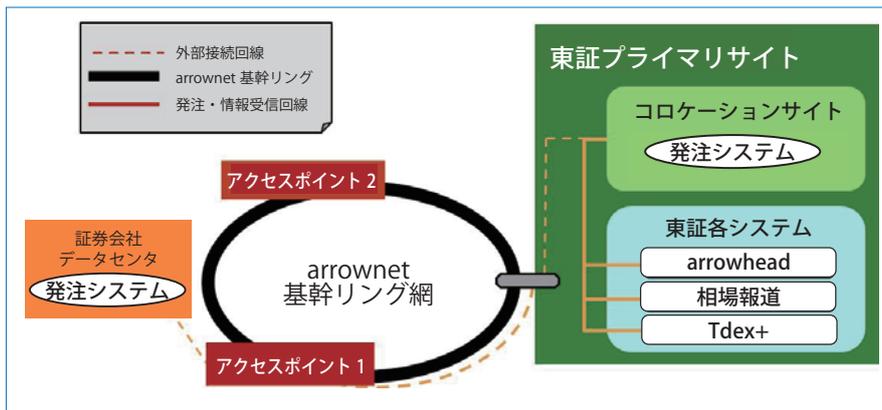


図-3 ネットワーク概要

バへのメモリ上のデータの完全同期を自動的に行っている。この構造を実現することで、サーバダウンが発生しても数秒での処理切り替えが可能であり、売買を停止することなく業務継続が可能となる。

arrowheadでは、このようにすべての注文処理をメモリ上で行い、かつメモリ上のデータを三重化することにより、高速かつ高い信頼性を持った売買システムを実現しており、今後もこの高速性と信頼性のバランスを保ちながら、さらなるシステム性能の向上を図っていくことを基本方針に据えている。

arrowhead の稼働と市場の変化

これまで述べてきたとおり、arrowheadの注文受付応答時間は2ミリ秒まで短縮されている。注文応答時間に2秒程度を要していた以前の株式売買システムから高速なarrowheadに変わったことによって、証券市場の取引手法や取引動向などの環境変化に加えて、新しい概念のサービスを提供する土壌が整ったことによる市場の新たな変化も生み出している。

■ コロケーションサービス

arrowheadの導入に伴い取り引きの高速化が可能となったことによって、新たに導入されたサービスの代表例としてコロケーションサービスを紹介する。このサービスは、証券会社の発注システムを東証のデータセンター内(コロケーションエリア)に設置することで、arrowheadへの物理的距離を縮められるサービスである。図-3にコロケーションサー

ビスを利用した場合と通常の接続の場合のネットワークモード図を示す。図中のarrownetとは、東証内の各システムに接続するための基幹リング網である。証券会社のデータセンターから発注する場合とコロケーションサービスを利用する場合は、arrownetの経由の有無に

よる物理的なネットワークの距離に違いがある。証券会社のデータセンターから発注する場合、東証のシステムに注文が到達するまでに10ミリ秒程度を要する。arrowhead稼働により注文応答時間が2ミリ秒になることで、ネットワークを経由するために要する10ミリ秒は相対的に大きい値となっている。そのため、arrowheadの高速性を利用して売買する投資家にとっては、このようなネットワークの距離による伝送時間も短縮したいと考える傾向があり、コロケーションサービスはこれらの投資家に向けたサービスとなっている。アルゴリズムトレードなどに代表される高速で大量の取り引きを行う市場参加者にとっては非常に有用なサービスとなっている。

■ arrowhead がもたらした株式市場の変化

一方で、arrowheadが稼働し、以前の株式売買システムに比べて注文受付応答ベースで1,000倍程度も高速化されたことで、市場動向にも変化が現れており、その中でも特徴的な観点をいくつか紹介したい。

まず、1日あたりの注文件数についてである。arrowhead稼働前の2009年には1日平均671.5万件であったのに対し、arrowheadの稼働を経て、2010年では823.8万件、2011年では998.3万件となり、年々着実に増加している。図-4は、1日あたりの注文件数に比した約定件数を約定率として、その推移を追ったものである。arrowhead稼働前では40%程度で推移していたところ、arrowhead稼

4. 株式売買システム“arrowhead”を取り巻く市場環境の変化について

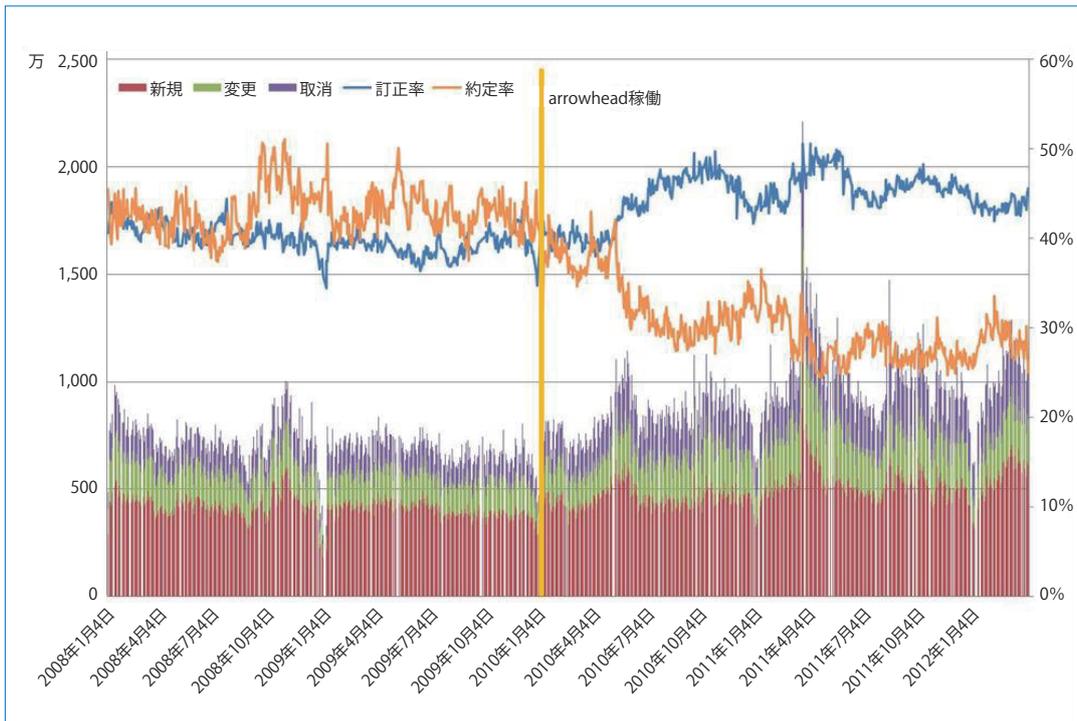


図-4 注文件数と約定率・訂正率

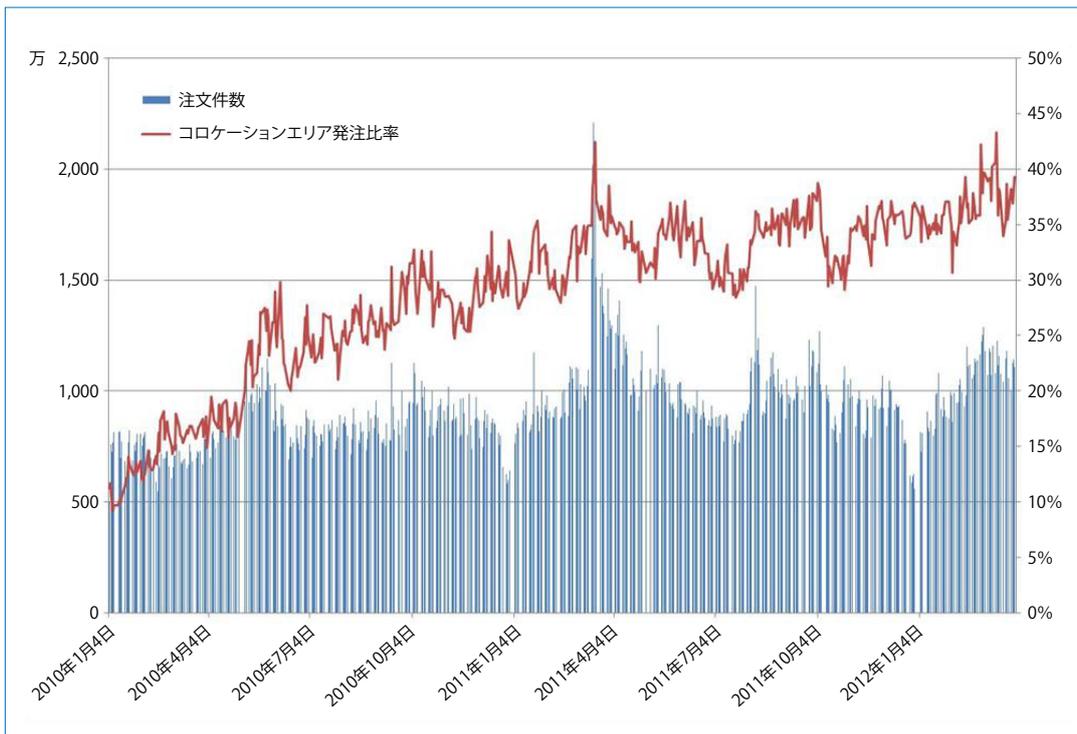


図-5 注文件数とコロケーションエリアからの注文比率

働後では30%を下回る日も見られるなど、約定率が減少していることが見てとれる。注文件数の増加や約定率の低下は、アルゴリズム取引の普及等に伴う取引手法の多様化や新しい投資家が参加していることの一端を示すものである。また、図-5は新しいサービスであるコロケーションエリアからの注文

件数、注文比率について示すものであり、このグラフからも、着実に新しいサービスが利用されてきており、新たなビジネスが創出されていることが明らかである。

| リリース時期 | 内容 |
|----------|---|
| 2011年1月 | IOC注文の導入 |
| 2011年9月 | ドロップコピーサービスの開始 |
| 2011年10月 | FLEX 流量制御方式変更によるデータ配信効率化 |
| 2011年11月 | 取引時間の延長 |
| 2012年1月 | 注文集中時の注文処理性能の向上 |
| 2012年1月 | FLEX (WB) サービスの開始 |
| 2012年7月 | 全銘柄の注文処理性能の向上, 注文受付通知応答時間向上(2ミリ秒→1ミリ秒), タイムスタンプの詳細化 |

表-1 arrowhead稼働後の継続的な取り組み

arrowheadにおける機能強化の取り組み

次に、arrowhead稼働後における性能向上・機能強化に向けた継続的な東証の取り組みを、表-1にまとめる。

2011年1月からサービスインしたIOC注文^{☆3}は、高度化する取引手法に対応するために新たな注文タイプを増やすものであり、2011年9月に開始したドロップコピーサービス^{☆4}は証券会社などによるリアルタイムでの注文管理の利便性の向上を図るために行ったものである。ともに多様化する市場参加者のニーズに応えるための機能強化を行った対応である。2011年11月には取引可能な時間帯を延長し、幅広い投資家層にこれまで以上の取引機会を提供する対応を行った。性能向上の観点からは、2012年1月には注文集中銘柄に対して単位時間あたりの注文処理量を約2倍にするといった注文処理性能の向上を図っている。また、2011年10月に配信データ集中時のFLEX^{☆5}のデータ送信量の制御方式を変更し、効率的にデータ配信を行うことで、データ集中時に送信可能なデータ量を拡張した。2012年1月にはFLEX (WB) という1Gbpsの広い帯域を

持つFLEXを開始することで、市場情報の配信にかかる高速化を求めるニーズに応えるための対応を実施している。さらに、2012年7月には注文処理にかかるサーバを最新後継サーバに入れ替えることにより、全銘柄の注文処理性能を2倍程度に向上させることを企画し、arrowheadの信頼性を維持しながらも、注文受付応答時間を1ミリ秒未満に向上させる対応を実施した。この性能向上に合わせて、さらなる機能強化も行っており、受付・約定通知や市場情報といった送信データの内部に持つタイムスタンプを、これまでの100ミリ秒単位から1ミリ秒単位に詳細化する対応も実施している。

今後の展望

IT技術の高度化は今後も継続的に発展していくことが予想される中で、証券市場においてもこれらの技術を使った取引手法の高度化・多様化がさらに進展していくものと考えられる。一方で、取引所の売買システムとしては、高い信頼性を変わらずに求め続けられるであろう。

arrowheadが向かうべき方向性は、高い信頼性を基本において、最新の技術動向を見据えながら、高速性を始めとする市場参加者のさまざまなニーズの変化を的確に捉え、高性能と利便性を兼ね備えたシステムを維持していくことにあり、これまで構築してきたマーケットインフラに磨きをかけ続けることにより、東京市場が市場参加者から信頼され、個人投資家を含めたさまざまな利用者が参入する高い流動性を持った魅力ある市場であり続けることに繋がるものと考えている。

(2012年6月13日受付)

☆3 IOC (Immediate Or Cancel) 注文とは、受け付けられた注文を銘柄柄に取り込むタイミングで、指定した値段がそれよりも有利な値段で即時に一部あるいは全数量を約定させ、成立しなかった注文数量を失効させる条件付き注文である。約定執行された後に注文が残ることのない注文となる。

☆4 ドロップコピーサービスとは、注文発注時に証券会社の発注対象のサーバに受付通知・約定通知を送信するだけでなく、それ以外の別のサーバに対しても受付・約定通知のコピーを送信できるようにするための機能である。

☆5 FLEXとは東証が提供する、各銘柄の約定値段や気配情報などの市場情報を外部に配信する情報配信サービスである。

小林 賢一 | k-kobayashi@tse.or.jp

1994年横浜市立大学商学部卒業、同年(株)東京証券取引所入社、2003年IT開発部(株式売買システム担当)、2006年arrowhead担当。

白石 弘澄 | h-hyakkoku@tse.or.jp

2011年早稲田大学基幹理工学研究科情報理工学専攻修士課程修了、同年(株)東京証券取引所入社、arrowhead担当。